扫描电子显微镜下的硅藻分类研究

齐雨藻 张子安
（中山大学生物系）

硅藻分类学自 Agardh (1824), Ehrenberg (1830) 及 Kützing (1833) 建立以来已有150多年的历史。随着社会阶级斗争的发展和科学技术的进步，特别是由于光学技术及电子技术的发展，使得对硅藻的形态、结构、生理、分类及系统关系等问题的认识日益加深。电子显微镜的应用不仅使硅藻形态学有了新的进展，也促使硅藻的分类学及系统学发生了某些改观。

但是，一种新的技术的应用和新的观点的建立常常是在同保守的、旧的认识的斗争中发展起来的。正如毛主席指出的：**“一切事物中包含的矛盾方面的相互依赖和相互斗争，决定一切事物的生命，推动一切事物的发展。没有什么事物是不包含矛盾的，没有矛盾就没有世界。”**自1943年 Kolbe 和 Gölz 开始用电子显微镜研究硅藻以来，首先是观察硅藻的形体结构，这种研究从扩大视野和分辨率，加深焦距等多方面，使人们对硅藻形体的认识日益深刻。60年代中又开始应用扫描电镜 (SEM) 研究硅藻，扫描电镜从表观上十分生动的描绘出硅藻壳体形态结构，又进一步丰富了人们的认识。以往的电镜研究多限于硅藻形态学方面，而用于从事硅藻分类学的研究为数尚属不多。这种把技术革命和科学认识改观的结合同样是在斗争中发展的。硅藻分类学家 Fr. Hustedt 极力反对用电镜从事硅藻分类工作，这是保守的。实际上，用电镜开展硅藻分类研究，与光学镜下的硅藻分类是并行不悖的。电镜的许多观察丰富了、印证了光学镜下的观察，把原来不清楚的一些问题解决了，在某些情况下则改变了一些错误的结论。如对硅藻的中心目 (Centrales) 的分类，过去只是依据外部形态及在一定度量 (10微米) 中点、线、刺、突等的数目，由于用电镜分析，近来已倡导用硅藻壳体中两种突起 (processes) 的状况作为种、属，甚至科的分类，即隙状突 (rimoportula) 或称唇形突 (labiate processes) 和支持突 [fultoportula 或 strutted (tubuli) processes] 的数量关系、分布等在不同的科、属、种表现不同，可以成为分种的标准依据。这就使自19世纪末开始应用的分类依据有了重大的发展。同时，对硅藻形态超微结构的研究也必然会澄清或改变一些以前在分类学上的一些认识。

从实现我国科学技术现代化的要求着眼，我们应扩大电镜在分类学研究上的应用，以赶上世界科学技术的发展。

本工作试从扫描电镜的观察对硅藻中心目 (Centrales) 的一些属种作较为详细的分类研究，以充实光学镜下的硅藻分类学，并作为《中国硅藻志》的参考资料。

材料和方法

所用电镜为日本产 HU-12A 型扫描附件 (HSE-2)，扫描（二次电子）分辨率为

100 Å。材料的处理及扫描电镜的操作是由生物系中心实验室负责进行的。

所观察的材料多采自广东省的淡水及咸淡水水体中。硅藻的净化处理程序如常规。净化的硅藻标本水样在观察前滴于铜片或软片上使之自然干燥，干燥后的标本片用黄金喷涂，而后即装入样品台（sampling stub）作扫描观察。

小环藻属（**Cyclotella** Kütz.）

根据 van Landingham 的目录，本属现存的及化石种类约 104 种之多，淡水的有 60 多种，已有10多种作过扫描电镜的分类研究（Hasle, 1962; Reimann 等, 1963; Round, 1970; Planas, 1972; Lowe, 1975 等）。小环藻属因为其体积十分微小，致使许多种类在光学镜下不易识辨。

Lowe（1975）根据边缘支持突（marginal strutted processes），中央支持突（central strutted processes）及唇形突（labiate processes）的数量分布对小环藻属的 9 个种进行了分类及亲缘关系的研究。在本文中我们也注重了应用突起标准开展分类。

条纹小环藻 Cyclotella striata（Kütz.）Grun.

扫描电镜下本种细胞盘状，直径 16.4—49 微米；边缘带近直径的一半，肋纹在 10 微米中 11—12 条，在近壳套处变细复又扩大（图版 11：2），肋纹间有不规则排列的开孔，开口大小不一。边缘带内边是粗厚的硅质隆起的肋突缘边，这种内缘肋纹在半环处中断并与中央区扭曲的硅质肋纹相联。中央区的扭曲肋纹的游离端附有小刺（spinula），在其间又有散在的管孔（图版 11：3）。

我们的材料系采自广州珠江（KTC-2021，2023）广州东山湖（KTC-1646），广东汕头海门港（KTC-1658）及福建厦门（FKC-76015）。

这一种在我国分布较广，（Petit, 1880; Gee, 1926; Chin, 1939; Skvortzov, 1932 及未刊手稿），已报告的除原种外尚有 4 个变种：var. ambigua, var. bipunctata, var. intermedia 及 var. nipponica）。在光学镜下壳面的中央区具扭曲的粗纹（图版 11:1），外缘带肋纹粗厚呈楔形。

条纹小环藻（Cy. striata）的超微结构及分类研究较少（见 Hasle, 1962），过去的研究也只限于透射电镜的分析。

根据 Mills（1933）记载本种有 8 个变种，这些变种的区分除壳体的直径大小之外，多是依据中央区的点纹（puncta）分布及数量的。其实，这些所谓的点纹，实际上是情况各有不同的粘液孔即支持突（管），现归纳如下：

var. nipponica Skv.（图版 11：4）在中央区与边缘带之间有一圈点纹。在我们的标本中有 20 多个这种管突（广东汕头 KTC-1667）。

var. mesoleia Grun. 中央区有半圈 10 个以上的管突。

var. americana Cleve-Enler. 中央区边缘有 4 个管突。

var. baltica Grun. 中央区有 3—4 个管突。

var. bipunctata Fricke 中央区有 2 个管突。

var. ambigua Grun. 中央区不见有管突。

Hasle（1962）报告，在透射电镜下可观察到条纹小环藻（Cy. striata）在中央区偏心

处有两个粘液孔(也就是支持突),它在光学镜下因为无从识辩,没有描述过中央区有点。

我们采自广东汕头海门（KTC-1658）的标本中有一种形体变异的条纹小环藻。在扫描电镜下每个边缘的肋纹的外端呈尖齿状（图版 12:7）。其中央区边缘的环状肋纹（costae）多处间断，中央区硅质扭曲肋纹稍稀而短，据此我们拟定为一个新的变种，其描述如下：

短刺条纹小环藻　新变种　图版 11:5

Cyclotella striata Mucronulata (Kütz.) Grun. var. Chi et Chang, var. nov.

Frustula disciformia; valvae 15—16.4 μ in diametro; costae area marginis leviter robustae, apice exteriore mucronulatae, mucrone ascendenti; striis 13—16 in 10 μ; area centralis costata, costis exterioribus disjunctim circularibus, interioribus flexuosis utrique confluentibus.

Habitus: Aqua salaria, planctonicus

Locus: Sinus Haimen, Swantow. Kwangtung

Typus: KTC-1658, in Herb. San Yat-sen Univ.

壳体圆盘状，瓣面直径 15—16.4 微米，边缘带肋纹粗厚，在瓣面外端呈上倾的尖齿状，10 微米中 13—16 条，中央区边缘的环状粗厚肋纹多处间断，并与内部的扭曲肋纹相联结，中央区有散在的管突数个。

生境：咸淡水、浮游生。

产地：广东省汕头海门港。

标本号：KTC-1658

孟氏小环藻 Cyclotella meneghiniana Kütz.

细胞单生。壳体短柱状，具切向波曲的壳面；直径 7—29 微米，壳面边缘带约为直径的一半，具放射状粗肋纹，10 微米中 8—10 条。在扫描电镜下表面观，每条肋纹上表面有大小不同的两排或多排孔，肋纹两边也有开孔成排（图版 11:6）。肋纹间的孔亦两排，中央区平滑，从内表面观察，边缘支持突在肋纹上近壳套处，每条肋纹上一个或每隔 1，2 或 3 个肋纹有一个。中央支持突有 1—7 个，唇形突 1 个在近壳套处肋纹上（图版 12:7—9）。

本种为小环藻属中普生性的一种，分布广泛。我们研究的标本产地为广州珠江（KTC-2019，2021，76007）。

Reimann, Lewin 和 Guillard（1963）报告本种的中央支持突 0—7 个，而 Lowe（1975）的标本基本上是 2 个，我们的标本从 1—7 个都有。Lowe（1975）曾指出本种的边缘支持突在每个肋纹上有 1 个，我们的材料说明，它可能并不严格地如此，即每隔 1，2 或 3 个肋纹上有一个。

库津小环藻 Cyclotella kützingiana Thwaites

在透射电镜或扫描电镜研究报道中涉及本种甚少。库津小环藻（Cy. kützingiana）与孟氏小环藻（Cy. meneghiniana）在外观上颇相近似。我们的标本：细胞单生，壳体作圆筒形，切向波曲，直径 6—19 微米，边缘带近细胞直径的一半，具放射状肋纹，10 微米中 10—12 条，肋纹上及肋纹间可见有开孔并可见粗刺（图版 12:10）。中央区平滑或内壳面观具疣突。本种在近壳套处具边缘支持突，每条肋纹上一个，中央支持突在中央区偏心处

2个(图版 12:11—12)。

产地：广东汕头海门港（KTC-1658），广东珠江（KTC-2019，2021），皆浮游生。

微小小环藻 Cyclotella caspia Grun.

本种细胞小形，单生，圆筒状，壳面切向波曲，直径 2.8—6.9 微米，边缘带的宽度达直径的一半，放射状肋纹 10 微米中 20—25 条，肋纹向壳套过渡呈倾斜状，在肋纹间有小形刺。在扫描电镜下观察边缘支持突有 6 个，分在肋纹向边缘过渡的 1/3 处；有一个中央支持突，在中央区偏心处。各支持突具两个护持物。边缘唇形突一个，近壳套处生（图版 13：13—14）。

我们的标本采自广东珠江（KTC-2021）、广东汕头海门港（KTC-1658）及广东湛江（KTC-1669），皆浮游生。

这是一个极为微小的种类，分类上有许多混乱和问题。淡水、咸淡水及海水中皆有分布。Прошкина-Лавренко（1959）曾作过详细的分析性的研究，并作了细致的描述。Hasle（1962）作了光学镜及透射镜的分类研究，并提出把微小小环藻（Cy. caspia）和 Cy. atomus Hust. 并为一种的建议。此后 Lowe（1975）亦有对于 Cy. atomus Hust. 的扫描电镜及透射电镜的研究报告，但对二者未加比较。

Прошкина-Лавренко（1959）在综合比较苏联北海，黑海，亚速海等水体中的微小小环藻时，归纳本种形态及生态界限为：直径 3.5—18 微米，高 2—8 微米，线纹数 20—24 条/10 微米，生存盐度范围为 5—143.4‰，Hasle（1962）的研究与此相仿，除了线纹数从 20—28/10 微米之外，其他度量皆在已报告的范围之内。我们的材料有的个体极小，广东汕头海门港咸淡水（比重为 1.0025）生的这一种有的个体小到直径为 2.8 微米，壳体高度为 3.9—4.5 微米。

直链藻属（Melosira Ag.）

对于直链藻属作过许多详尽的电镜研究（Crawford，1971，1973，1974，1975；Miller，1969；Florin，1970；Ross 及 Sims，1972 等），特别是 Crawford 对本属的两种：变异直链藻（M. varians）及币形直链藻（M. nummuloides）作过相当详尽的研究。我们拟对广东地区的三种直链藻加以扫描电镜的进一步观察。

变异直链藻 Melosira varians Ag.

这一种曾被详细研究过（Crawford，1971；Ross & Sims 1972）。这是 Agardh 最早建立的本属六个种中的一个。

光学镜下本种的特点是：细胞柱状，密接成丝状群体，瓣面盘状，平整，环沟及颈皆缺如，假环沟不显著，细胞壁薄而匀整，壳面及壳套上细点纹不显现或刚可分辨，在壳面边缘有时可见微细小刺。但在一般情况下，在壳面和壳套上看不到任何结构。

在扫描电镜下壳体呈圆筒状，瓣面直径 7.2—19 微米，高 4.5—11 微米。壳盘平整，细胞壁的厚度各处均一。在瓣面表面中央密布硅质皱纹（图版 13：15—16），其外缘则是一轮散在的细疣突（protuberance）和小刺（spinula）（图版 13：17）。在顶刺脱落的情况下可见通孔。直链藻上面的孔，Crawford（1971）曾描述为内开口有一杠条（bar），外开孔上有四个孔，这是室成壁（locular wall）上的开孔。我们无法详细的证实这种室孔构

造，但在壳面边缘或在壳套上都可以看到开孔（图版 13:18）这种孔的外开口形状不规则。这些孔称之为通孔（passage 或 pervium）。在讨论壳体上通孔的作用时有两种意见：一说这是分泌粘液的粘液孔（Crawford, 1971），一说则怀疑它可起分泌作用（Ross & Sims 1972）。

在壳套和环带相接处有一轮清晰可见的细纹，这种细纹是一种直向的硅质增厚，可称之为硅质纹条（siliceous bars）。

上述结构在光学镜下一般是无法识辨的，所以在通常情况下描述为"壳面及壳套平滑无结构"。

我们的材料采自广东乐昌县九峰南坡山溪中（KTC-1622）及广东信宜（KTC-1071，1076），本种为普生性种类。

念珠状直链藻 Melosira moniliformis (O. Muller) Ag.

本种群体各细胞呈念珠状相连。每个细胞近球形至八面体形的类圆形，细胞直径 14—19 微米，高 6.5—7.5 微米，壳面平整，在壳面中间有一轮排列不规则的小刺，这种结构被称之为壳冠（corona）（Crawford, 1974, 1975）（图版 14:19—20）。壳面与壳套上有通孔（Passage）这种孔口是多边的，不十分规则，大小也不尽一致。沿壳套相接的近处有一环排布不整的隙状孔（图版 14:21），这种隙状孔或圆形或椭圆形，并不突起于表面（图版 14:22）。壳套相连处无结构。

两细胞的联结按光学镜研究是借粘液垫实现的，在扫描电镜下这种相连的状况也十分清楚，它们呈丝带状连结两个细胞（图版 14:23），但这是什么物质尚难判断。壳面上的壳冠与对应细胞壳冠相接。有的描述报告这个种的细胞壁很厚（Порецкий, 1951），但是在扫描电镜下与其他种的细胞壁比较并非是厚的，有的厚度只 0.3 微米左右。

我们研究的标本采自福建厦门鼓浪屿淡水井中（KTC-76015），广东东莞县太平珠江码头（KTC-1642），皆附生。

Hustedt（1927—1937）把Grunow（1878）创立的 Melosira borreri var. octogona Grun. 移属于本种作为一个新组合的变种：M. moniliformis var. octogona (Grun) Hust. 主要根据细胞形状近八面体形。其后 Прошкина-Лавренко（1955, 1963）等都予以采用。A. Cleve-Euler（1951）则把这个变种又归入 M. lineata (Dillw.) Ag.，作为一个变种：M. lineata var. octogona (Grun.) Cleve-Euler。我们观察，在同一标本中，这种形体的变异是连续的，从类圆形、椭圆形至八面体形(图版 14: 19—23)，因此，认为不应把八面体形的个体单立一新变种，建议将 Hustedt 的变种作为本种的一个异名。

颗粒直链藻 Melosira granulata (Ehr.) Ralfs.

细胞圆筒状，细胞直径 10—18 微米，半细胞的高度 10—23.5 微米。在光学镜下环沟（Sulcus）不深，V-字形，与侧壁成锐角状，颈不显著。壳套上的拟孔非常明显，10 微米中有 9—10 列，每列 10 微米中有 8—10 个拟孔，它们多数斜向排列。两个壳套相连处有一排直生的硅质的细微纹条（图版 14:24）。Ross 和 Sims（1972）提出了一种新的见解，认为颗粒直链藻的壳套上以前称之为环沟的，实际上不是沟槽状的环沟而是肋突（costae），从我们的扫描电镜观察看来，这种见解是有道理的（图版 15:25）。

颗粒直链藻的末端细胞有明显的特征，它与丝状群体中的其他细胞外形不同：细胞

壁厚,拟孔呈直向排列,数目与其他细胞大致相同,壳盘边缘具粗刺,这种粗刺与对应细胞的粗刺犬牙交错,起联结作用,有的刺很长,与对应的邻细胞的这种长刺交错,起到了连结两个丝状体的作用,这种刺 Ross & Sims (1972) 称之为连结刺 (spina ligans 或 linking spine)(图版 15:25—26)。

本种特征明显,分布广泛。本文记述的材料采自广州东山湖 (KTC-1646)。

骨条藻属 (**Skeletonema** Grev.)

骨条藻 Skeletonema costatum (Grev.) Cl.

本种在光学镜下结构微细,模糊难辨。在扫描电镜下则可清晰观察它的各部结构。

壳体圆柱状。直径 4—6.6 微米。壳面圆而鼓起,具有明显的粗网孔,其间的硅质肋条有不同程度的加厚,铸成为一种网状骨架。由于壳套上的骨架粗厚,而壳面上的骨架稍细薄,使壳套上的网孔伸长稍大,壳面上的网孔稍小而类圆形。室孔并不排成整齐行列。自壳套倾斜而后上升伸出一轮管突,这种管突属支持突,一轮约 16—20 条,末端叉分,基端稍膨大,沿细胞的长轴伸展,对应两个细胞的管突相连接组成细胞链,细胞间距长于细胞本身的高度 (图版 15:27)。

环带为通常的环状,其上无结构,只在连接壳套的部分有一列直向的硅质纹条。

本种产自广东汕头海门港 (KTC-1658),咸淡水生。

Hustedt (1956) 基于光学镜的观察,从形体的相似性等研究曾建议把本种归于冠盖藻属 (Stephanopyxis),而命名为 Stephanopyxis costatum (Grev.) Hust., Round (1973) 用电镜分析比较了这两个属的异同,根据壳面孔室构造,管突的形态,交联方式,环带的构成形式,特别是隙状突和支持突的不同,认为骨条藻 (Skeletonema costatum) 是实际存在的,不应并于冠盖藻属 (Stepharopyxis)。我们的扫描电镜的观察结果,支持 Round 的主张,认为二者不应改组合并。

三角藻属 (**Triceratium** Ehr.)

黄埔三角藻 Triceratium whampoense Schwarz

对三角藻属的电镜研究已有几例,有现存的种类,也有化石种类,但多数是海生种类。我们研究的这种藻类 1930 年由 Skvortzov 在我国福建福州鼓岭首次记录。Schwarz (1874) 在最初创立本种时没有附图。

这种藻类细胞单生或连成短链。壳体长柱状,环面见具平滑的间插带。壳面六角形,为两个等边三角形相间套合而成,它们不在一个平面上 (图版 15:28—29; 图版 16:30—32)。三角形各边长 54—61 微米,其各角隅为钝圆形。壳面中心区及三角角隅的孔纹圆形,椭圆形,大小相间,排列不整齐,中心区的较大,每 10 微米中有 5—7 个,外缘稍密,每 10 微米中 8—10 个,这种孔是拟孔 (poroids),本种的拟孔开口下陷有一硅质膜片 (velum),其上又穿有许多筛孔 (图版 16:33)。六角形的每个角隅在光学镜下观察为透明区 (图版 15:29),只隐约可见有细网纹排列。在扫描电镜下这些结构就清楚了,这是三个角隅实际上是三个室(loculi) (Ross & Sims 1972),其上为穿孔的硅质板壁,壳面中心区拟孔上的硅质壁没有覆盖其上,这些小孔排成行列,10 微米中约 20—24 个。环面观,

这种两相结构也是清晰的（图版 16：34），可见壳面上的硅质壁在表面形成齿状突起，拟孔在整个壳套上都有分布，形状类圆，大小不一，角隅的细室孔可及壳套的 1/2 处，另三个角隅其结构则同壳面其他部分一样，由表面上有齿突的拟孔组成。

环带上有排列整齐的肋突（costa），呈粒状，纵列。有间插带，其结构与环带亦相同。

这种结构与上述各属有很大区别。

我们研究的这一种采自广东汕头海门港（KTC-1658），咸淡水生及福建漳州南山寺（FKC-76004）流水沟中，为淡水生。

参 考 文 献

[1] Chin, T. S. 1951. A list of Chinese diatoms from 1847—1946. *Amoy Fisheries Bull.* **1**, **5**: 41—143.

[2] Cleve-Euler, A. 1951. Die Diatomeen von Schweden und Finnland. *K. Sven. Ventensk Akad. Handl. Ser.* **4**, 2: 1—163.

[3] Crawford, R. M. 1975. The taxonomy and classification of the diatom genus *Melosira* C. Ag. 1. The type species *M. nummuloides* C. Ag. *Br. Phycol. J.* **10**: 323—338.

[4] Hasle, G. R. 1962. Three *Cyclotella* species from marine localities studied in the light and electron microscopes. *Nova Hedwigia* **IV**, 3/4: 299—307.

[5] Hasle, G. R. and G. A. Fryxell. 1970. Diatom: cleanning and mounting for light and electron microscopy. *Trans. Amer. microsc. Soc.* **89**, **4**: 469—474.

[6] Hustedt, F. 1930. Die Kiesselalgen Deutschland, Österreich und der Schweiz mit Berücksichtigung der ubrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. Bd 7. *In* Rabenhorst, L. Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz.

[7] Lowe, Rex L. 1975. Comparative ultrastructure of the valves of some *Cyclotella* species (Bacillariophyta). *J. Phycol.* **11**, 415—424..

[8] Ross, R. and P. A. Sims. 1972. The fine structure of the frustule in centric diatoms. A suggested terminology. *Br. Phycol.* J. **7**: 139—163.

[9] Round, F. E. 1973. On the diatom, genera *Stephanopyxis* Ehr. and *Skeletonema* Grev. and thier classification in a revised system of the Centrales. *Bot. Mar.* **16**: 148—154.

[10] Schwarz 1874. Grundproben aus den chinesischen Gewassen, gesammelt von Rud. Rabenhorst fil. *Hedwigia* **11**: 161—166.

[11] Skvortzov, B. W. Alpine diatoms from Fukien provence, South China. *Phil. J. Sci.* **41**: 39—47.

[12] Проштина-Лавленко, А. И. 1955. Диатомовые водоросли планктона Черного Моря. Изд. АН СССР.

[13] Проштина-Лавренко, А. И. 1959. О *Cyclotella caspia* Grun. в Бот. Матер. отд. Споро. раст. XII, 69—75.

[14] Прощтина-Лавренко, А. И. 1963. Диатомовые водоросли планктона Азовского Моря. Изд. АН СССР.

[15] Скворцов, Б. В. Иллюстрированная Флора Св. Китая. Материалы Флора водорослей. Тип Диатомовые водоросли (рукопись).

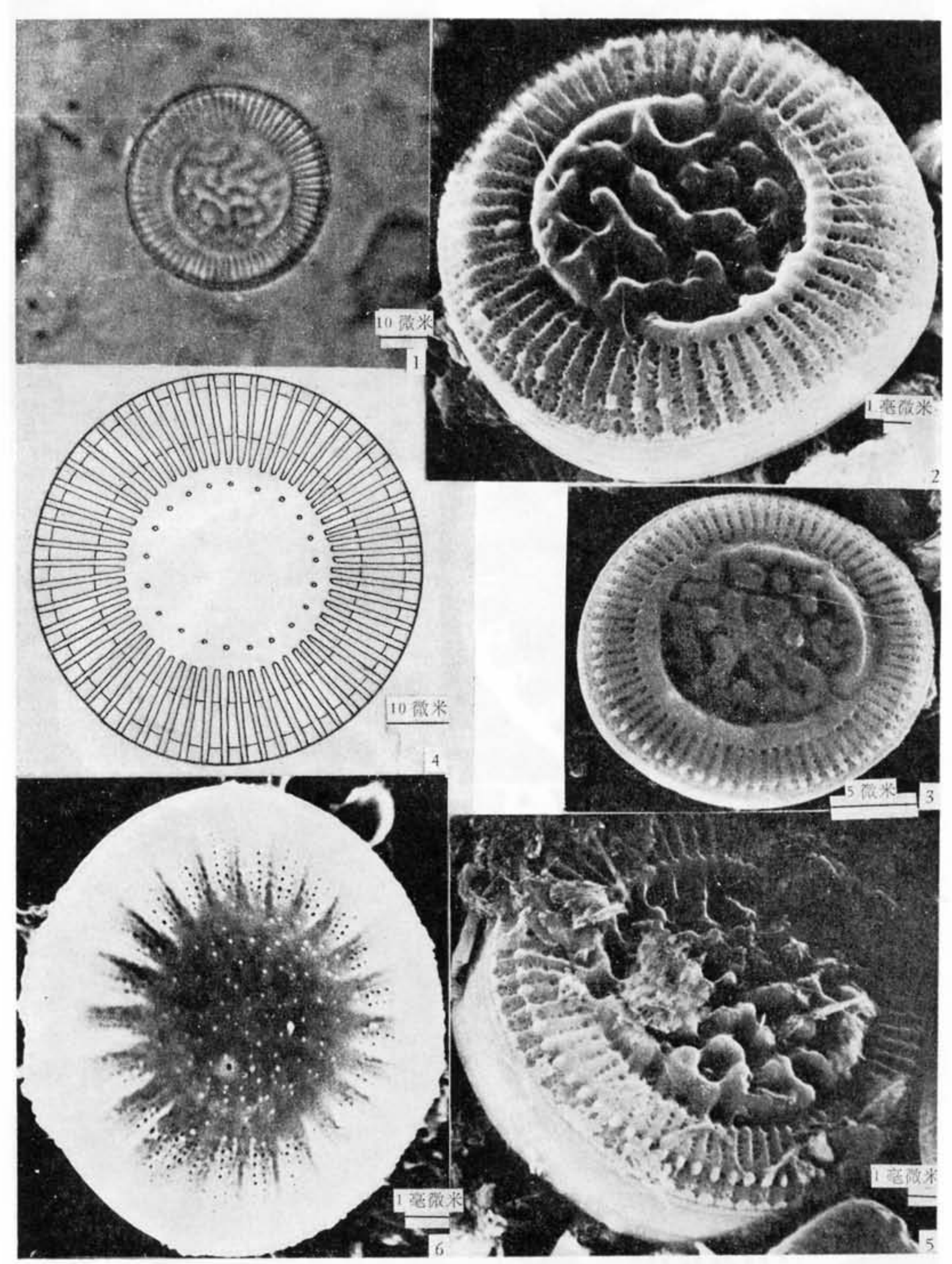
STUDIES ON THE TAXONOMY OF DIATOMS BY SCANNING ELECTRON MICROSCOPY

CHI YUH-TZAO CHANG ZI-AN

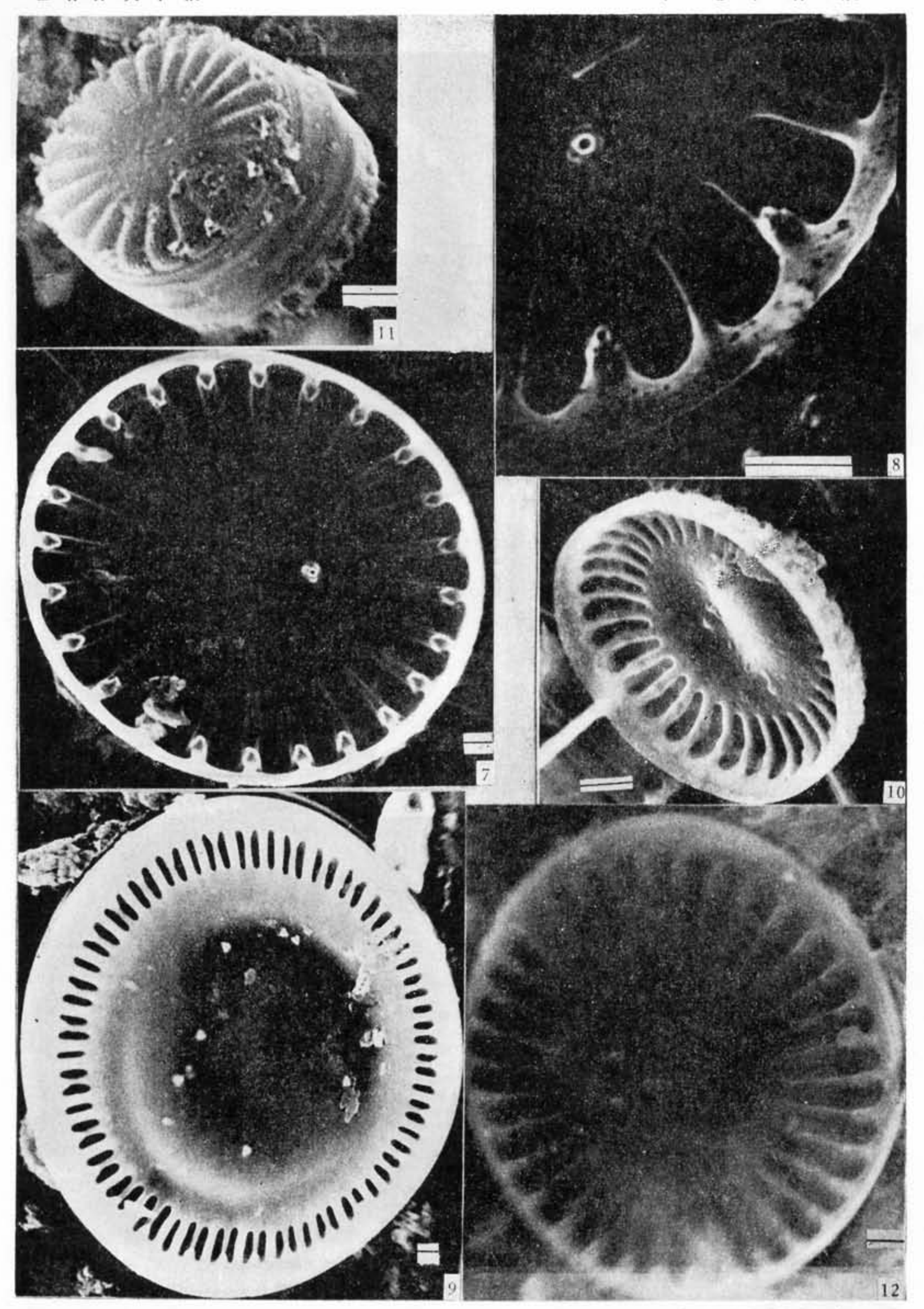
(Department of Biology, San Yat-sen University)

Taxonomy of Centric diatoms has been studied by means of scanning electron microscope. Included in the present investigation are 4 genera and 9 species: *Cyclotella striata* (Kütz.) Grun., *C. meneghiniana* Kütz., *C. kützingiana* Thwaites, *C. caspia* Grun., *Melosira varians* Ag., *M. moniliformis* (O. Muller) Ag., *M. granulata* (Ehr.) Ralfs., *Skeletonema costatum* (Grev.) Cl., and *Triceratium whampoense* Schwarz. The structure of the frustule has been examined in detail and its strutted as well as labiate processes, spines and other features surveyed.

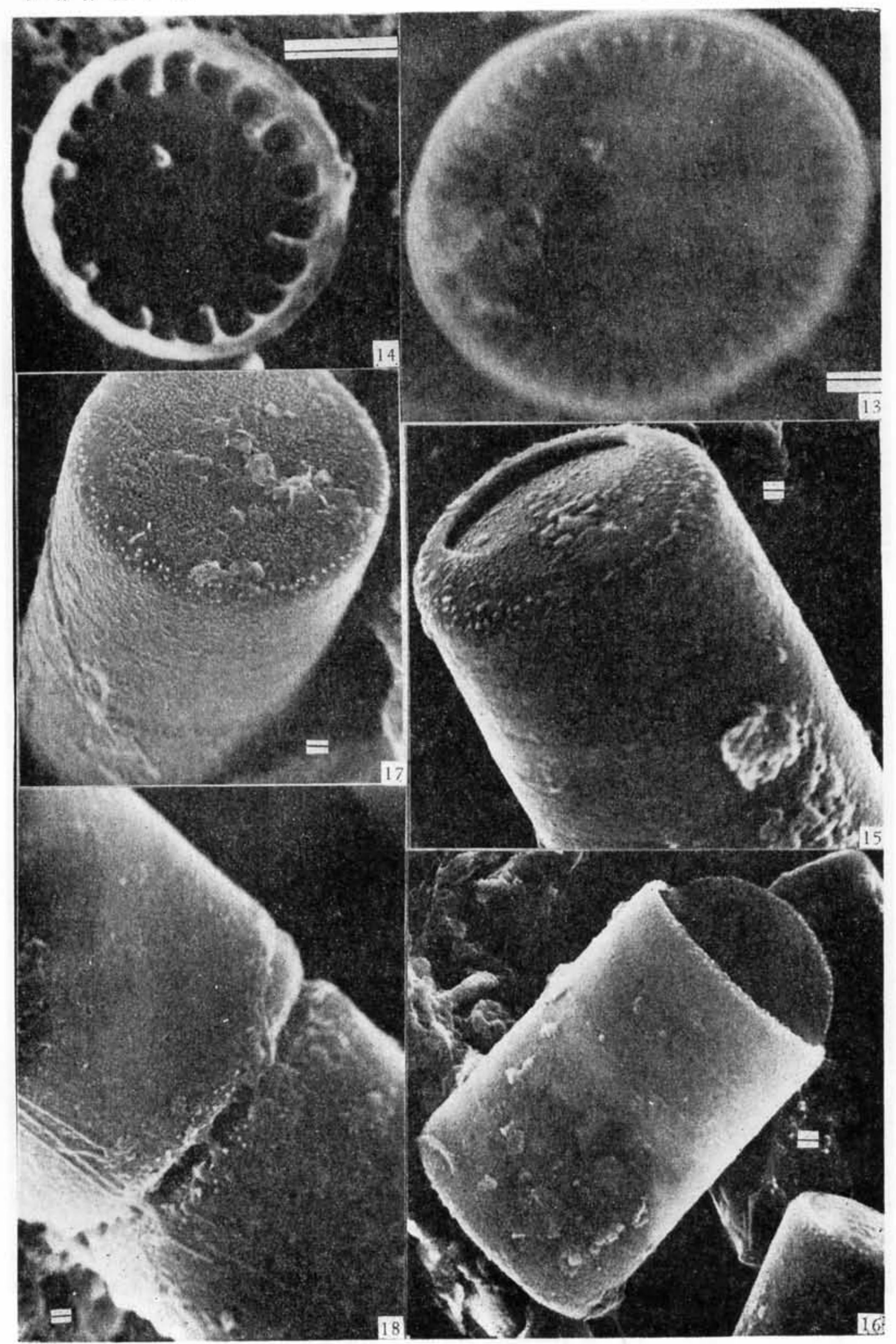
A new variety, *Cyclotella striata* var. *mucronulata* Chi et Chang, is reported. It is suggested that *Melosira moniliformis* var. *octogona* (Grun.) Hust. be taken as a synonym of *Melosira moniliformis* (O. Muller) Ag. We support Round's (1973) idea that *Skeletonema costatum* (Grev.) Cl. is not synonymous with *Stephanopyxis costatum* (Grev.) Hust. and *Skeletonema costatum* is taxonomically valid.



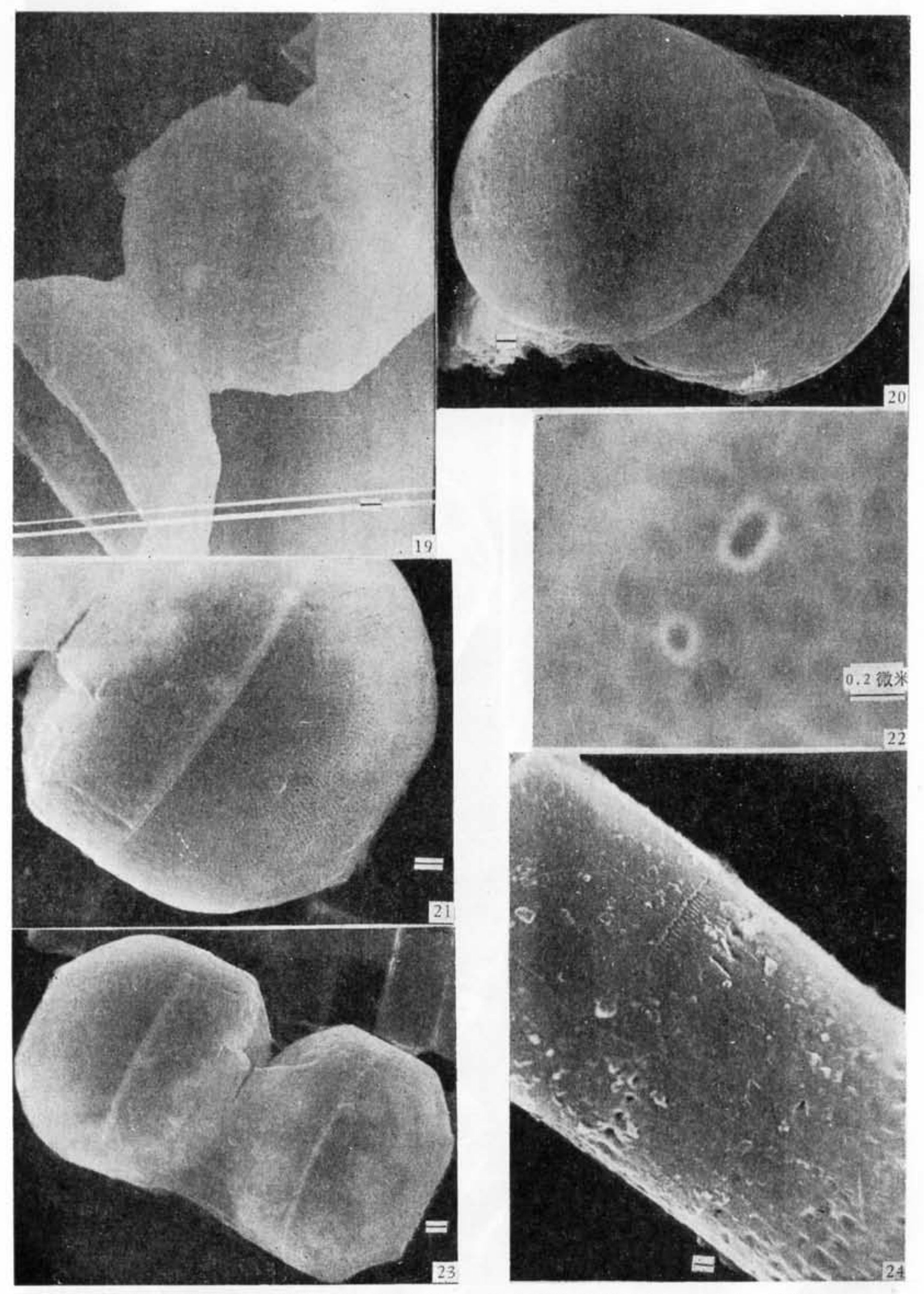
1—3 **Cyclotella striata** 1. 为光学镜照片; 4. **C. striata** var. **nipponica;** 5. **C. striata** var. **mucronulata,** var. nov.; 6. **C. meneghiniana.** 除注明者外，标度 = 1μm.（图2、5、6标度单位应为微米）



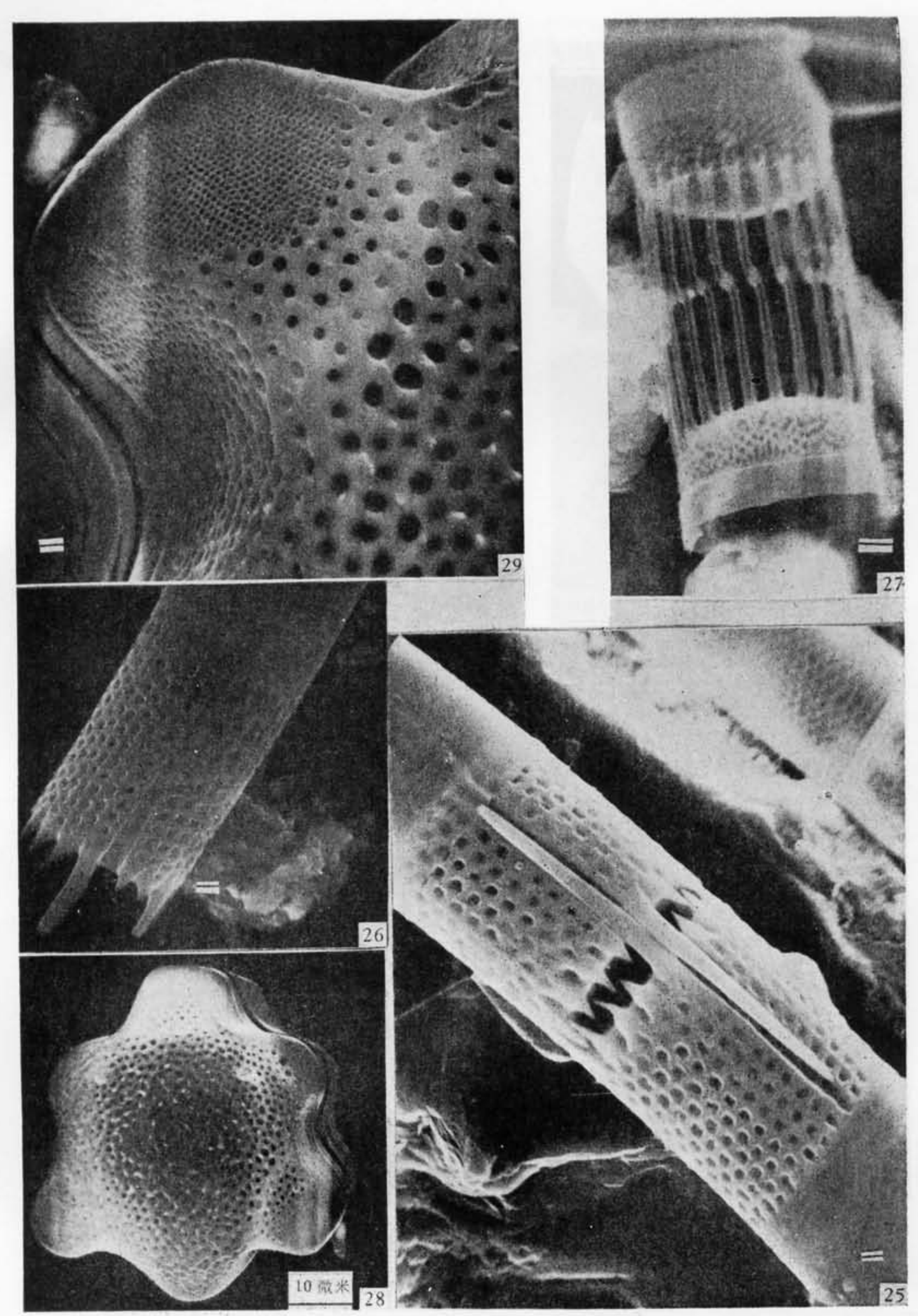
7—9. **Cyclotella meneghiniana,** 示边缘支持突 (marginal strutted processes) 及中央支持突 (central strutted processes), 1个唇形突 (labiata process)。 9. 示内壳面里有7个中央支持突; 10—12. **C. kützingiana,** 12. 示内壳面有2个中央支持突。标度=1μm.



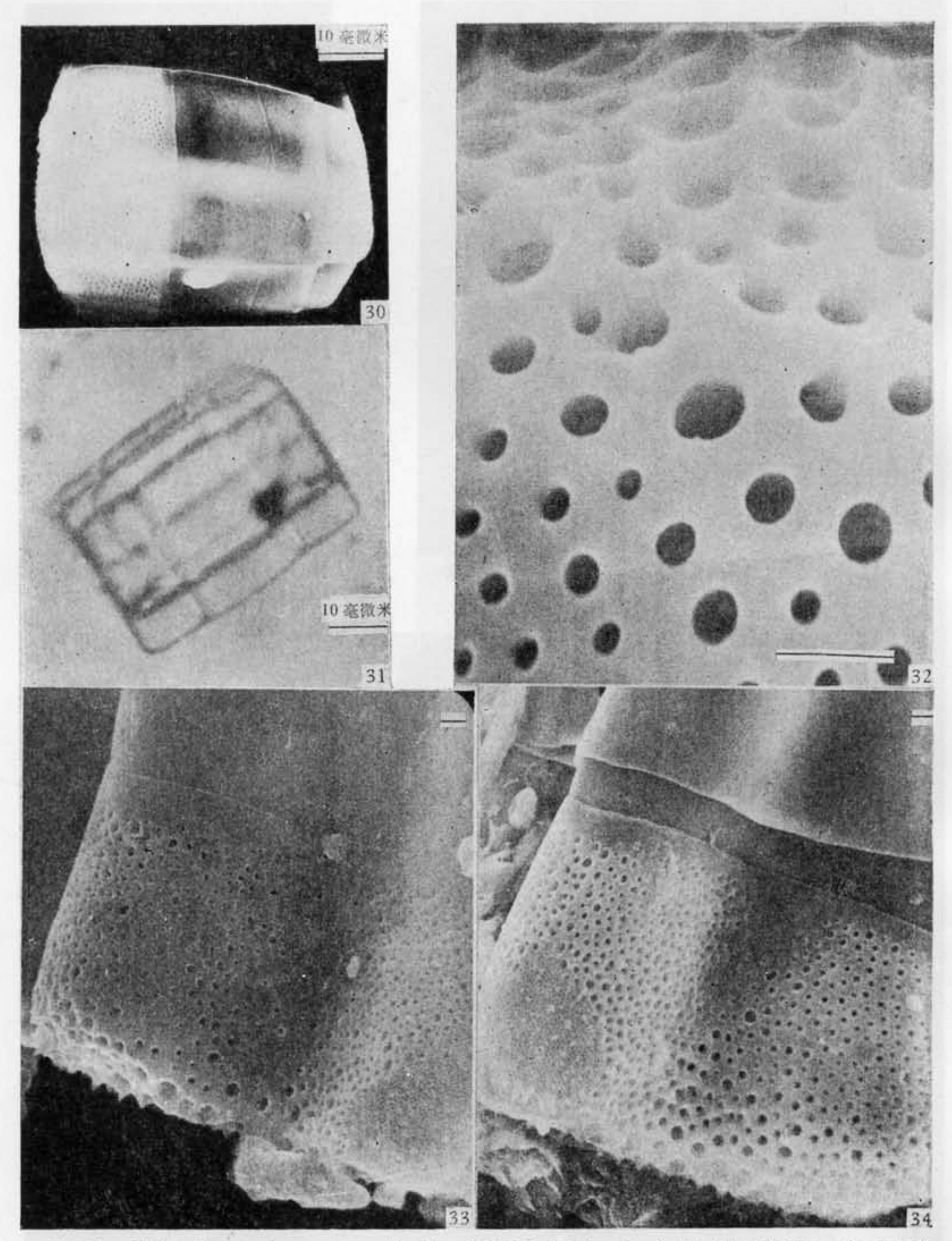
13—14. **Cyclotella caspia,** 示边缘支持突及1个中央支持突，1个边缘唇形突（图14）；15—18. **Melosira varians,** 18. 示通孔（passages）。标度＝1μm.



19—23. **Melosira moniliformis,** 示壳冠 (corona)(图 20), 隙状孔 (rimoportule) (图 22);
24. **M. granulata.** 除注明者外,标度 = 1μm.



25—26. **Melosira granulata,** 示端细胞 (end-cell), 连结刺 (linking spine), 注意环沟 (sulcus) 呈肋突 (costae) 状; 27. **Skeletonema costatum.** 28—29. **Triceratium whampoense.** 除注明者外,标度 = 1μm.



30—34. **Triceratium whampoense,** 30—31. 为环面观 (girdle view). 31. 为光学镜照片, 32. 示拟孔 (poroids)。除注明者外,标度 = 1μm. (图 30、31 标度单位应为微米)